

17-VE 000157  
19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

*BAI*

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 49 845 A 1

51 Int. Cl. 7: *Dec 2015*  
H 01 Q 5/00  
H 01 Q 1/38  
H 01 Q 9/04  
H 01 Q 1/24

21 Aktenzeichen: 100 49 845.0  
22 Anmeldetag: 9. 10. 2000  
43 Offenlegungstag: 11. 4. 2002

IP & S-DE  
zugestellt *ms*  
am 22. April 2003  
Frist

*WFR*

71 Anmelder:  
Philips Corporate Intellectual Property GmbH,  
20099 Hamburg, DE

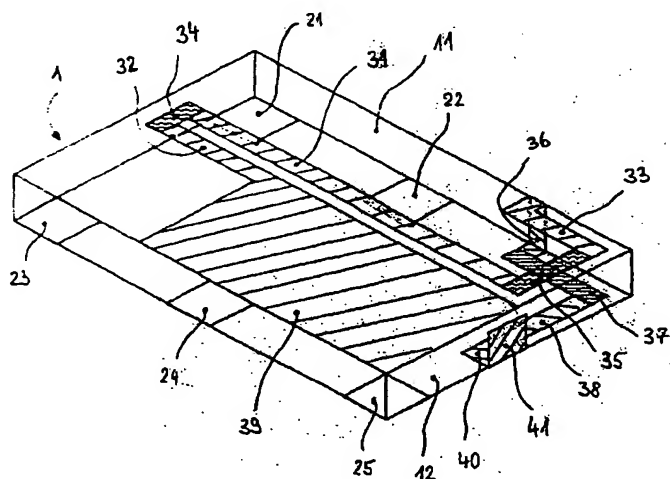
72 Erfinder:  
Ghosh, Indra, Dr., 50823 Köln, DE; Hilgers, Achim,  
52064 Aachen, DE

IP & S-DE  
zugestellt  
am 11. April 2002  
Frist

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Mehrband-Mikrowellenantenne

57 Es werden Mikrowellenantennen mit einem dielektrischen Substrat (1) mit mindestens einer resonanten Leiterbahnstruktur (31 bis 39) beschrieben, die insbesondere für mobile Dual- und Multiband-Telekommunikationsgeräte wie Mobil- und Schnurlostelefone, sowie für Geräte, die nach dem Bluetooth-Standard kommunizieren, geeignet ist. Durch verschiedene Leitungssegmente (34, 35) und Abstimm-Stichleitungen (41, 42) ist darüber hinaus eine Abstimmung der Resonanzfrequenzen verschiedener Betriebsmoden auf eine konkrete Einbausituation möglich, ohne das prinzipielle Antennendesign ändern zu müssen. Schließlich können die Antennen zusammen mit anderen Bauelementen durch übliche Oberflächenmontage auf eine gedruckte Schaltungsplatte aufgelötet werden.



BEST AVAILABLE COPY

DE 100 49 845 A 1

DE 100 49 845 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Mikrowellenantenne mit einem Substrat mit mindestens einer resonanten Leiterbahnstruktur, insbesondere für mobile Dual- oder Multiband-Telekommunikationsgeräte wie Mobil- und Schnurlostelefone, sowie für Geräte, die nach dem Bluetooth-Standard kommunizieren. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Schaltungsplatine mit einer solchen Antenne sowie ein Telekommunikationsgerät mit einer solchen Antenne.

[0002] In der mobilen Telekommunikation werden elektromagnetische Wellen im Mikrowellenbereich zur Übertragung von Informationen verwendet. Im Bereich der zellularen Systeme wird in Europa ausschließlich und weltweit überwiegend der GSM-Mobiltelefonstandard verwendet. Innerhalb dieses GSM-Standards gibt es mehrere Frequenzbänder, in denen die Kommunikation stattfinden kann: Zum einen von 880–960 MHz (sog. GSM900) sowie von 1710–1880 MHz (sog. GSM1800 oder DCS). Ein drittes Band, das überwiegend in den USA verwendet wird, benutzt die Frequenzen von 1850 bis 1990 MHz (GSM 1900 oder PCS).

[0003] Üblicherweise bietet ein Netzbetreiber seine Dienste in nur jeweils einem dieser Frequenzbänder an. Um eine große Erreichbarkeit zu gewährleisten und die Mobiltelefone universell an jedem Ort unabhängig von den dort herrschenden Bedingungen und den dort betriebenen Netzen verwenden zu können, werden Mobiltelefone jedoch zunehmend so ausgelegt, dass sie in mehreren Frequenzbändern arbeiten können. Diese Mobiltelefone werden auch als Dual- bzw. Multiband-Mobiltelefone bezeichnet. Dies setzt allerdings voraus, dass die Antenne eines solchen Mobiltelefons in der Lage ist, entsprechend in beiden bzw. mehreren Frequenzbändern elektromagnetische Wellen zu senden und zu empfangen.

[0004] Als weiterer Standard hat sich in jüngerer Zeit der sogenannte Bluetooth-Standard (BT) herausgebildet, für den der Frequenzbereich von 2,4 bis 2,48 GHz vorgesehen ist und der dazu dient, Daten zwischen zum Beispiel Mobiltelefonen und anderen elektronischen Geräten wie zum Beispiel Computern, anderen Mobiltelefonen, usw. auszutauschen.

[0005] Weiterhin lässt sich auf dem Markt ein starker Trend zur Miniaturisierung der Geräte erkennen. Daraus resultiert der Wunsch, die Komponenten für die mobile Kommunikation, das heißt die elektronischen Bauelemente, ebenfalls zu verkleinern. Die bei Mobiltelefonen zur Zeit verwendeten Antennentypen, bei denen es sich meistens um Drahtantennen handelt, haben diesbezüglich jedoch wesentliche Nachteile, da sie relativ groß sind. Sie ragen aus den Mobiltelefonen heraus, können leicht abbrechen, können in unerwünschten Augenkontakt mit dem Benutzer geraten und stehen auch einem ästhetischen Design im Wege. Zunehmend wird in der Öffentlichkeit auch eine unerwünschte Mikrowellenbestrahlung des Benutzers von Mobiltelefonen diskutiert. Bei Drahtantennen, die aus dem Mobiltelefon herausragen, kann ein Großteil der ausgesendeten Strahlungsleistung im Kopf des Benutzers absorbiert werden.

[0006] Generell hat sich bei der technischen Realisierung moderner digitalelektronischer Geräte die Oberflächenmontage (SMD – surface mounted device), das heißt das flache Auflöten elektronischer Bauelemente auf eine Platine (PCB – printed circuit board) mittels eines Wellenlötades oder eines Reflowprozesses durchgesetzt. Die bislang verwendeten Antennen entziehen sich jedoch dieser Montagetechnik, da sie häufig nur mittels spezieller Halterungen auf der Platine des Mobiltelefons angebracht werden können und auch die Zufuhr elektromagnetischer Leistung nur über spezielle Zu-

führungshaltern, wie Stifte oder ähnliches möglich ist. Dies verursacht in der Produktion unerwünschte Montageschritte, Qualitätsprobleme und Mehrkosten.

[0007] Es wird versucht, diesen sehr unterschiedlichen Anforderungen und Problemen mit einem möglichst optimalen Antennendesign Rechnung zu tragen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass insbesondere die Struktur der Antenne stärker als alle anderen HF-Bauelemente von dem gewünschten Frequenzbereich und der Anwendung des betreffenden elektronischen Gerätes abhängig ist, da die Antenne ein resonantes Bauteil ist, das auf den jeweiligen Betriebsfrequenzbereich abgestimmt werden muss. Im allgemeinen werden gewöhnliche Drahtantennen verwendet, um die gewünschten Informationen zu senden und zu empfangen. Um gute Abstrahl- und Empfangsbedingungen für diese Art von Antennen zu erhalten, sind bestimmte physikalische Längen zwingend erforderlich. Als besonders vorteilhaft haben sich in diesem Zusammenhang sogenannte  $\lambda/2$ -Dipolantennen ( $\lambda$  = Wellenlänge des Signals im freien Raum) erwiesen, bei denen die Antenne aus zwei jeweils  $\lambda/4$  langen Drähten besteht, die um 180 Grad gegeneinander verdreht sind. Da diese Dipolantennen für viele Anwendungen, insbesondere für die mobile Telekommunikation, jedoch zu groß sind (für den GSM900-Bereich beträgt die Wellenlänge zum Beispiel etwa 32 cm), wird auf alternative Antennenstrukturen zurückgegriffen. Eine weit verbreitete Antenne insbesondere für den Bereich der mobilen Telekommunikation ist der sogenannte  $\lambda/4$ -Monopol, der aus einem Draht mit der Länge  $\lambda/4$  besteht. Das Abstrahlverhalten dieser Antenne ist bei gleichzeitig vertretbarer physikalischer Länge (etwa 8 cm für GSM900) akzeptabel. Diese Art von Antenne zeichnet sich außerdem durch eine hohe Impedanz- und Strahlungsbandbreite aus, so dass sie auch bei Systemen Anwendung findet, die eine relativ große Bandbreite erfordern, wie zum Beispiel Mobilfunksysteme. Um eine optimale Leistungsanpassung an 50 Ohm zu erzielen, wird bei dieser Art von Antennen (wie auch bei den meisten  $\lambda/2$  Dipolen) eine passive elektrische Anpassung verwendet. Diese besteht in der Regel aus einer Kombination von mindestens einer Spule und einer Kapazität, die bei geeigneter Dimensionierung die von 50 Ohm verschiedene Eingangsimpedanz an die vorgeschalteten 50-Ohm-Komponenten anpasst.

[0008] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, eine Miniaturisierung dieser Antenne durch Anwendung eines Mediums mit einer Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r > 1$  herbeizuführen, da die Wellenlänge in einem solchen Medium um den Faktor  $1/\sqrt{\epsilon_r}$  kleiner wird.

[0009] Eine Antenne dieser Art umfasst einen massiven Block (Substrat) aus dielektrischem Material. Auf diesen Block ist eine metallische Leiterbahn aufgedruckt. Diese Leiterbahn kann bei Erreichen einer elektromagnetischen Resonanz Energie in Form von elektromagnetischen Wellen abstrahlen. Die Werte der Resonanzfrequenzen hängen von den Dimensionen der aufgedruckten Leiterbahnen und dem Wert der Dielektrizitätskonstanten des Blocks ab. Dabei sinken die Werte der einzelnen Resonanzfrequenzen mit zunehmender Länge der Leiterbahn sowie mit zunehmenden Werten der Dielektrizitätskonstante.

[0010] Um einen hohen Miniaturisierungsgrad der Antenne zu erreichen, wird man folglich ein Material mit einer hohen Dielektrizitätskonstante wählen und aus dem Resonanzspektrum die Mode mit der niedrigsten Frequenz auswählen. Diese Mode wird als Grundmode bezeichnet, die hinsichtlich der Resonanzfrequenz nächst höhere Mode als erste Harmonische. Eine solche Antenne wird auch als Printed Wire-Antenne bezeichnet. Die Bandbreite einer solchen bekannten Antenne reicht bei Resonanzfrequenzen, die im Bereich des GSM-Standards liegen, nur aus, um eine voll-

ständige Abdeckung eines der Frequenzbänder des GSM-Standards zu erzielen. Die eingangs genannten Dual- oder Multibandanwendungen sind damit folglich nicht möglich.

[0011] Eine Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, besteht deshalb darin, eine für die genannten Dual- oder Multibandanwendungen geeignete Mikrowellenantenne zu schaffen, die möglichst kleine Abmessungen aufweist.

[0012] Weiterhin soll eine Mikrowellenantenne geschaffen werden, die zur Oberflächenmontage (SMD-Technik) durch flaches Auflöten und Kontaktieren mit den Leiterbahnen – ggf. zusammen mit anderen Bauteile der Schaltungsplatine – aufgebracht werden kann, ohne dass zusätzliche Halterungen (Stifte) zum Zuführen der elektromagnetischen Leistung erforderlich sind.

[0013] Der Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, eine Mikrowellenantenne zu schaffen, deren Resonanzfrequenzen individuell und ohne eine Änderung an dem prinzipiellen Antennendesign so einstellbar sind, dass sie auf eine konkrete Einbausituation abgestimmt werden können.

[0014] Schließlich soll auch eine Mikrowellenantenne geschaffen werden, bei der auch die Eingangsimpedanz individuell an eine konkrete Einbausituation anpasst werden kann.

[0015] Zur Lösung dieser Aufgaben wird eine Mikrowellenantenne mit einem Substrat mit mindestens einer resonanten Leiterbahnstruktur geschaffen, die sich gemäß Anspruch 1 dadurch auszeichnet, dass eine erste Leiterbahnstruktur durch mindestens einen ersten und einen zweiten Leitungsabschnitt gebildet ist, die im wesentlichen mäandrierend verlaufen, und dass der Frequenzabstand zwischen der ersten Resonanzfrequenz der Grundmode und der zweiten Resonanzfrequenz bei der ersten Harmonischen der Grundmode durch Veränderung des Abstandes der beiden Leitungsabschnitte einstellbar ist.

[0016] Ein besonderer Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass die Frequenz der Grundmode durch die Gesamtlänge der Leiterbahnstruktur, und der Frequenzabstand zwischen der Grundmode und der ersten Harmonischen durch den genannten Abstand so eingestellt werden kann, dass sich die Antenne als Dualbandantenne im GSM900- und GSM1800-Band betreiben lässt.

[0017] Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung zum Inhalt.

[0018] Die Ausführungen gemäß den Ansprüchen 2 und 3 haben den Vorteil, dass der Frequenzabstand noch besser eingestellt werden kann.

[0019] Die Ausführung gemäß Anspruch 4 hat den Vorteil, dass eine Oberflächenmontage der Antenne zusammen mit anderen Bauelementen auf einer gedruckten Schaltungsplatine möglich ist, so dass die Herstellung wesentlich vereinfacht und beschleunigt werden kann. Mit der Ausführung gemäß Anspruch 5 kann eine unabhängige Einstellung der Frequenz der Grundmode bzw. der ersten Harmonischen vorgenommen werden, ohne dadurch die jeweils andere dieser beiden Frequenzen nennenswert zu beeinflussen.

[0020] Die Ausführung gemäß Anspruch 6 hat den Vorteil, dass die Antenne sogar in drei Frequenzbändern betrieben werden kann, wobei gemäß Anspruch 7 eine Speisung über eine gemeinsame Zuführung möglich ist.

[0021] Mit den Ausführungen gemäß den Ansprüchen 8 und 9 kann eine Abstimmung der einzelnen Resonanzfrequenzen dieser Dreiband-Antenne vorgenommen werden.

[0022] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen anhand der Zeichnung. Es zeigt:

[0023] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten erfindungsgemäßen Antenne;

[0024] Fig. 2 ein an der Antenne gemessenes Reflexions-

diagramm;

[0025] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer zweiten erfindungsgemäßen Antenne;

[0026] Fig. 4 eine Darstellung der zweiten erfindungsgemäßen Antenne auf einer Schaltungsplatine;

[0027] Fig. 5 eine schematische Darstellung einer dritten erfindungsgemäßen Antenne auf einer Schaltungsplatine; und

[0028] Fig. 6 ein an der dritten Antenne gemessenes Reflexionsdiagramm.

[0029] Die beschriebenen Antennen sind von ihrem Grundtyp sogenannte "Printed Wire-Antennen", bei denen auf ein Substrat eine Leiterbahn aufgebracht ist. Prinzipiell handelt es sich bei diesen Antennen somit um Drahtantennen, die im Gegensatz zu Mikrostreifenleitungs-Antennen keine ein Bezugspotential bildende metallische Fläche auf der Rückseite des Substrates aufweisen.

[0030] Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen weisen ein Substrat aus einem im wesentlichen jeweils quaderförmigen Block auf, dessen Höhe etwa um einen Faktor 3 bis 10 kleiner ist, als dessen Länge oder Breite. Davon ausgehend sollen in der folgenden Beschreibung die in den Darstellungen der Figuren jeweils oberen bzw. unteren (großen) Flächen der Substrate als erste obere bzw. zweite untere Stirnflächen und die demgegenüber senkrechten Flächen als erste bis vierte Seitenfläche bezeichnet werden.

[0031] Alternativ dazu ist es allerdings auch möglich, anstelle eines quaderförmigen Substrates andere geometrische Formen wie zum Beispiel eine Zylinderform zu wählen, auf die eine entsprechende resonante Leiterbahnstruktur mit zum Beispiel spiralförmigem Verlauf aufgebracht ist.

[0032] Die Substrate können durch Einbetten eines keramischen Pulvers in eine Polymermatrix hergestellt werden und haben eine Dielektrizitätszahl von  $\epsilon_r > 1$  und/oder eine Permeabilitätszahl von  $\mu_r > 1$ .

[0033] Im einzelnen umfasst die Antenne gemäß Fig. 1 ein Substrat 1, auf dessen Oberfläche eine erste Leiterbahnstruktur 31–39 aufgebracht ist, die über eine Zuführung 40 gespeist wird. An einer unteren Stirnfläche des Substrates befinden sich Lötunkte 21 bis 25, die auch als Footprints bezeichnet werden und mit denen das Substrat 1 durch Oberflächenmontage (SMD) auf eine Schaltungsplatine (PCB) aufgelötet werden kann.

[0034] Die Leiterbahnstruktur ist durch eine Mehrzahl von einzelnen, auf das Substrat aufgedruckten Leitungsabschnitten gebildet. Im einzelnen handelt es sich dabei um einen ersten und einen zweiten Abschnitt 31, 32, die im wesentlichen parallel und entlang der Länge der oberen Stirnfläche des Substrates 1 verlaufen, wobei der zweite Abschnitt 32 in eine rechteckige metallische Fläche 39 übergeht.

[0035] Ein dritter Abschnitt 33, der sich ebenfalls in Längsrichtung des Substrates 1 erstreckt, ist demgegenüber wesentlich kürzer. Der erste und zweite Abschnitt 31, 32, sowie der zweite und dritte Abschnitt 32, 33 sind an ihren längsseitigen Enden mit jeweils einem sich in Richtung der Breite des Substrates 1 erstreckenden vierten bzw. fünften Abschnitt 34, 35 verbunden, so dass sich ein mäandrierender Verlauf dieser Abschnitte 31 bis 35 ergibt.

[0036] An der in der Fig. 1 rechten (ersten) Seitenfläche 11 des Substrates 1 verläuft ein sechster Leitungsabschnitt 36, der eine Verbindung zwischen dem dritten Abschnitt 33 und einem sich an der unteren Stirnfläche des Substrates 1 in dessen Längsrichtung daran anschließenden siebten Abschnitt 37 herstellt. Dieser siebte Abschnitt 37 verläuft im wesentlichen parallel zu dem ersten und zweiten Leitungsabschnitt 31, 32 in Richtung auf die in der Fig. 1 vordere (zweite) Seitenfläche 12 des Substrates und hat eine Länge,

die im wesentlichen der Länge des dritten Abschnitts 33 entspricht, der in senkrechter Projektion darüber auf der oberen Stirnfläche des Substrates 1 liegt. An den siebten Abschnitt 37 schließt sich ein in Richtung der Breite des Substrates erstreckender achter Abschnitt 38 an, der in die Zuführung 40 in Form eines Metallisierungsplättchens übergeht.

[0037] Über die an der unteren Stirnfläche des Substrates 1 liegende Zuführung 40 wird elektromagnetische Energie in die Antenne eingekoppelt. Zu diesem Zweck wird die Zuführung bei der Oberflächenmontage auf eine entsprechende Leiterbahn auf der Schaltungsplatine (Fig. 4 und 5) aufgelötet. Die Zuführung bzw. Einkopplung muss nicht unbedingt an der zweiten Seitenfläche 12 des Substrates 1 liegen.

[0038] Die Zuführung 40 geht an der zweiten Seitenfläche 12 in ein erstes Leitungssegment 41 über, das später noch erläutert werden wird.

[0039] Die Resonanzfrequenzen dieser Antenne können in bekannter Weise über die Gesamtlänge der aufgedruckten Leiterbahnstruktur eingestellt werden. Zur Anwendung dieser Ausführungsform z. B. in einem Dualmode-Mobiltelefon wird die niedrigste Resonanzfrequenz, d. h. der Grundmode, so eingestellt, dass er mit der niedrigeren der beiden Frequenzen übereinstimmt, bei denen die Antenne betrieben werden soll. Die nächst höhere Resonanzfrequenz, das heißt die erste Harmonische, muss dann so liegen, dass sie mit der höheren Betriebsfrequenz übereinstimmt. Dies bedeutet, dass der Frequenzabstand der ersten Harmonischen zu dem Grundmode entsprechend dem Abstand der beiden Betriebsfrequenzen eingestellt werden muss, wobei die Frequenz des Grundmodes im wesentlichen unverändert bleiben muss.

[0040] Bei der erfindungsgemäßen Antenne kann dies durch zwei unabhängige Maßnahmen erreicht werden.

[0041] Einerseits kann der Abstand der ersten Harmonischen von dem Grundmode durch Veränderung des Abstandes zwischen dem ersten und dem zweiten Leitungsabschnitt 31, 32 verändert werden. Zu diesem Zweck werden die Längen des vierten und fünften Leitungsabschnitts 34, 35 entsprechend vergrößert bzw. verkleinert. Alternativ dazu ist es auch möglich, diesen Abstand insbesondere bei eingebauter Antenne durch Lasertrimmung zu vergrößern, indem einer oder beide Leitungsabschnitte 31, 32 entlang ihrer gegenüberliegenden Kanten mit einem Laserstrahl teilweise abgetragen werden.

[0042] Andererseits kann diese Frequenzverschiebung auch durch eine Veränderung der Länge des siebten Leitungsabschnitts 37 an der unteren Stirnfläche des Substrates 1 eingestellt werden.

[0043] Qualitativ vermindert sich der Frequenzabstand dabei mit einer Verkleinerung des Abstandes zwischen dem ersten und dem zweiten Leitungsabschnitt 31, 32 sowie durch ein Verkürzen der Länge des siebten Leitungsabschnitts 37.

[0044] Bei einer möglichen Realisierung dieser ersten Antenne betragen die Abmessungen des Substrates 1 etwa  $17 \times 11 \times 2,0 \text{ mm}^3$ . Das für das Substrat 1 gewählte Material hat eine Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r = 18,55$  und ein  $\tan \delta = 1,17 \times 10^{-4}$ . Dies entspricht etwa den HF-Eigenschaften einer kommerziellen NP0-K17 Keramik ( $\text{Ca}_{0,05}\text{Mg}_{0,95}\text{TiO}_3$ -Keramik). Die aufgedruckte Leiterbahn wurde mittels Silberpaste hergestellt und hat eine Gesamtlänge von etwa 55,61 mm. Die Breite der Leitungsabschnitte beträgt etwa 0,75 mm, während die Abmessungen der rechteckigen metallischen Fläche 39 am Ende des zweiten Leitungsabschnitts 32 etwa  $11,0 \times 4,5 \text{ mm}^2$  betragen.

[0045] Bei einer Länge des siebten Leitungsabschnitts 37 von zum Beispiel 6,25 mm beträgt der Frequenzabstand der ersten Harmonischen von der Grundmode etwa 820 MHz. Bei einer Länge dieses Leitungsabschnitts 37 von 5,75 mm

ergibt sich ein Abstand von 873 MHz.

[0046] Bei einer Länge des vierten Leitungsabschnitts 34 und somit bei einem Abstand zwischen dem ersten und zweiten Leitungsabschnitt 31, 32 von 3,0 mm beträgt der genannte Frequenzabstand 900 MHz, während sich bei einer Länge des vierten Leitungsabschnitts 34 von 2,5 mm ein Frequenzabstand von 878 MHz ergibt. Eine solche Antenne ist folglich für einen Dualband-Betrieb in den Frequenzbändern GSM900 und GSM1800 geeignet.

[0047] Fig. 2 zeigt das an der Zuführung 40 dieser Antenne gemessene Verhältnis R zwischen der an der Antenne reflektierten Leistung und der der Antenne zugeführten Leistung (Reflexionskoeffizient) in Abhängigkeit von der Frequenz F in MHz. Es ist deutlich zu erkennen, dass die beiden Resonanzen innerhalb der GSM900- und GSM1800-Bänder liegen und außerdem auch die Bandbreite ausreicht, um innerhalb beider Frequenzbänder wirksam arbeiten zu können.

[0048] Diese Ausführungsform hat neben dem für alle Ausführungsformen geltenden Vorteil der Möglichkeit der Oberflächenmontage (SMD) den wesentlichen Vorteil, dass der Frequenzabstand der ersten Harmonischen von dem Grundmode in gewünschter Weise eingestellt werden kann.

[0049] Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung. In dieser Darstellung sind gleiche oder entsprechende Elemente und Komponenten wie in Fig. 1 jeweils mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet. Insoweit wird auf die Beschreibung im Zusammenhang mit Fig. 1 Bezug genommen, und nachfolgend werden nur die Unterschiede erläutert.

[0050] Bei dieser Ausführungsform mit der ersten Leiterbahnstruktur gemäß Fig. 1 neben dem bereits erwähnten ersten Leitungssegment 41 ein zweites Leitungssegment 42 in Form einer Stichleitung verbunden, die sich auf der oberen Stirnfläche des Substrates 1 befindet und sich von dem ersten Leitungsabschnitt 31 in Richtung auf die erste Seitenfläche 11 des Substrates erstreckt.

[0051] Die Resonanzfrequenz der Antenne im Grundmode kann durch Veränderung der Länge des ersten Leitungssegmentes 41 in Richtung auf die obere Stirnfläche des Substrates 1 eingestellt werden. Die Frequenz der ersten Harmonischen wird durch eine solche Einstellung nur geringfügig beeinflusst. Weiterhin kann durch eine Veränderung der Länge des zweiten Leitungssegmentes 42 in Richtung auf die erste Seitenfläche 11 die Frequenz der ersten Harmonischen eingestellt werden. Diese Einstellung beeinflusst wiederum die Frequenz im Grundmode nur geringfügig.

[0052] Die Wirkungsweise dieser Einstellung der Resonanzfrequenz im Grundmode beruht darauf, dass die elektrische Feldstärke für den Grundmode im Bereich des ersten Leitungssegmentes 41 relativ hoch, für die erste Harmonische jedoch relativ gering ist und letztere damit im wesentlichen unbeeinflusst bleibt. Eine Verlängerung des ersten Leitungssegmentes 41 führt also zu einer starken Beeinflussung der Resonanzfrequenz der Grundmode. Die Frequenz der ersten Harmonischen bleibt dabei im wesentlichen unbeeinflusst.

[0053] In entsprechender Weise ist das zweite Leitungssegment 42 so gestaltet und angeordnet, dass es ein Volumen mit großer elektrischer Feldstärke bei der ersten Harmonischen vergrößert bzw. verkleinert und dadurch die Harmonische in ihrer Frequenz verschiebt, wobei der Grundmode im wesentlichen unbeeinflusst bleibt, da dieser an der betreffenden Stelle eine nur geringe elektrische Feldstärke aufweist.

[0054] Der wesentliche Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, dass sich die Frequenzen des Grundmode und der ersten Harmonischen unabhängig voneinander individu-

ell einstellen lassen. Weiterhin ist das für erforderliche Änderung des Antennendesigns nur gering, und die Antenne ist auch ohne diese Änderung voll funktionsfähig. Um eine Anpassung an die konkrete Einbausituation vorzunehmen, müssen somit nur die genannten Abmessungen des ersten Leitungssegmentes 41 beziehungsweise des zweiten Leitungssegmentes 42 geändert werden, was relativ einfach auch in eingebautem Zustand zum Beispiel durch Lasertrimmung, d. h. Abtragen eines Teils des betreffenden Segmentes 41, 42 mit einem Laserstrahl möglich ist.

[0055] Bei einer Realisierung dieser zweiten Antenne betragen die Abmessungen des Substrates 1 etwa  $17 \times 11 \times 2,0 \text{ mm}^3$ . Das für das Substrat 1 gewählte Material hat eine Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r = 21,55$  und ein  $\tan\delta = 1,17 \times 10^{-4}$ . Dies entspricht etwa den Hochfrequenzeigenschaften einer kommerziellen NPO-K21 Keramik. Die aufgedruckte Leiterbahn wurde mittels Silberpaste hergestellt und hat eine Gesamtlänge von etwa 55,61 mm. Die Breite der Leitungsabschnitte beträgt etwa 0,75 mm, während die Abmessungen der rechteckigen metallischen Fläche 39 am Ende des zweiten Leitungsabschnitts 32 etwa  $11,0 \times 4,5 \text{ mm}^2$  betragen.

[0056] Bei einer Länge des ersten Leitungssegmentes 41 von 1,5 mm in Richtung auf die obere Stirnfläche des Substrates beträgt die Frequenz der Grundmode etwa 928 MHz. Vermindert man die Länge auf 0,4 mm, so ergibt sich eine Frequenz der Grundmode von 975 MHz. Dies entspricht einer Änderung von 47 MHz, wobei sich die Frequenz der ersten Harmonischen nur um 9 MHz verändert.

[0057] Wenn analog dazu die Länge des zweiten Leitungssegmentes 42 etwa 0,75 mm beträgt, so ergibt sich eine Frequenz der ersten Harmonischen von etwa 1828 MHz. Vergrößert man die Länge auf 3,75 mm, so liegt diese Resonanzfrequenz bei etwa 1800 MHz. Dies entspricht einer Änderung von 28 MHz, wobei sich die Frequenz der Grundmode um weniger als 1 MHz verschiebt.

[0058] Fig. 4 zeigt schematisch eine gedruckte Schaltungsplatine (PCB) 100, auf die die Antenne 110 zusammen mit anderen Bauelementen in den Bereichen 120 und 130 der Platine 100 durch Oberflächenmontage (SMD) aufgebracht wurde. Dies geschieht durch flaches Auflöten in einem Wellenlötbad oder mit einem Reflowprozess, wodurch die Lötunkte (Footprints) 21 bis 25 sowie die Zuführung 40 mit entsprechenden Lötunkten auf der Platine 100 verbunden werden. Unter anderem wird dadurch auch eine elektrische Verbindung zwischen der Zuführung 40 und einer Leiterbahn 111 auf der Platine 100 geschaffen, über die die abzustrahlende elektromagnetische Energie zugeführt wird.

[0059] Fig. 5 zeigt eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antenne 110, die auf einer Schaltungsplatine 100 montiert dargestellt ist. Auch hierbei sind gleiche oder einander entsprechende Elemente wie in der Darstellung gemäß Fig. 4 wieder mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet, so dass diesbezüglich auf eine erneute Beschreibung verzichtet werden kann und nur die Unterschiede erläutert werden sollen.

[0060] Bei dieser dritten Ausführungsform ist neben einer ersten Leiterbahnstruktur 51, 52 auf das Substrat 1 zusätzlich eine zweite Leiterbahnstruktur 60, 61 aufgebracht, die über eine gemeinsame Zuführung 40 und eine gemeinsame Zuführungsleitung 45 gespeist werden. Die Zuführung 40 befindet sich bei dieser Ausführungsform an einer langen ersten Seitenfläche 11 des Substrates 1 und wird auf die Leiterbahn 111 gelötet.

[0061] Mit der Zuführung 40 ist die Zuführungsleitung 45 verbunden, die entlang des Umfangs des Substrates 1 an der ersten, zweiten und dritten Seitenfläche 11, 12, 13 verläuft, bis sie sich an der gegenüberliegenden dritten Seitenfläche 13 auf etwa deren halber Länge in Richtung auf die obere er-

ste Stirnfläche des Substrates 1 erstreckt und die dort aufgebraachte erste metallische Leiterbahnstruktur speist. Diese Struktur umfasst einen in Richtung auf die erste Seitenfläche 11 verlaufenden ersten Leitungsabschnitt 51 sowie einen zweiten Leitungsabschnitt in Form einer mit dessen Ende verbundenen, ersten, im wesentlichen rechteckigen metallischen Fläche 52 (Patch).

[0062] Von der Zuführung 40 geht weiterhin eine erste Abstimm-Stichleitung 53 aus, die sich an der ersten Seitenfläche 11 des Substrates 1 in Form einer zweiten, im wesentlichen rechteckigen metallischen Fläche in zu der Zuführungsleitung 45 entgegengesetzter Richtung erstreckt und zur Abstimmung der ersten metallischen Leiterbahnstruktur 50, 51 auf ein erstes Betriebs-Frequenzband vorgesehen ist. An das Ende der Zuführungsleitung 45 schließt sich weiterhin eine entlang der dritten und vierten Seitenfläche 13, 14 des Substrates verlaufende zweite Abstimm-Stichleitung 54 für ein zweites Betriebs-Frequenzband an.

[0063] Die Zuführungsleitung 45 speist über eine Abzweigung an etwa der halben Länge der zweiten Seitenfläche 12 die zweite metallische Leiterbahnstruktur 60, 61, die zum Betrieb der Antenne in einem dritten Frequenzband vorgesehen ist. Diese Struktur umfasst einen in Richtung auf die vierte Seitenfläche 14 verlaufenden dritten Leitungsabschnitt 61 sowie eine mit dessen Ende verbundene, dritte, im wesentlichen rechteckige metallische Fläche 62 (Patch). Auch für diese zweite Leiterbahnstruktur 60, 61 können in Bedarfsfall Abstimm-Stichleitungen aufgedruckt werden, die jedoch hier nicht vorgesehen sind.

[0064] Die erste Leiterbahnstruktur 51, 52 dient bei dieser Ausführungsform zur Abstimmung und zum Betrieb der Antenne in den GSM900- und GSM1800-Bändern, während die zweite Leiterbahnstruktur 61, 62 zum Betrieb der Antenne im BT-(Bluetooth)-Band bei 2480 MHz vorgesehen ist.

[0065] Die Position und Länge der ersten metallischen Fläche 52 sowie des ersten Leitungsabschnitts 51 auf der oberen Stirnfläche des Substrates 1 bestimmt dabei im wesentlichen die Impedanzanpassung an 50 Ohm sowie die Lage der Resonanzfrequenzen zueinander. Diese Frequenzen werden so gewählt, dass (wie bei der ersten und zweiten Ausführungsform der Antenne) der Grundmode in dem GSM900-Band und die erste Harmonische in dem GSM1800-Band liegt. Die Abstimmung der Impedanzanpassung sowie der beiden Resonanzfrequenzen an die konkrete Einbausituation, die zum Beispiel auch durch die Art des Gehäuses und dessen Einfluss auf das Resonanzverhalten gegeben ist, erfolgt dabei durch die beiden Abstimm-Stichleitungen 53, 54. Durch Verkürzen dieser Stichleitungen (z. B. durch Lasertrimmung) können die beiden Resonanzfrequenzen zu höheren Werten verschoben werden, womit gleichzeitig auch eine kritischere Einkopplung der Mikrowellen-Energie erzielt werden kann.

[0066] Durch entsprechende Positionierung und Dimensionierung der dritten metallischen Fläche 62 wird die Resonanzfrequenz dieser Struktur auf das BT-Band abgestimmt, wobei für andere Anwendungen natürlich auch andere Frequenzbänder (zum Beispiel PCS1900 oder UMTS) abgedeckt werden können.

[0067] Der besondere Vorteil dieser Ausführungsform besteht somit neben der Möglichkeit zur Oberflächenmontage, den besonders kleinen Abmessungen und den anderen, oben genannten Vorteilen darin, dass mit dieser Antenne ein Drei-Band-Betrieb eines entsprechenden Mobilfunkgerätes möglich ist.

[0068] Bei einer Realisierung dieser dritten Ausführungsform der Antenne hatte das Substrat 1 die Abmessungen  $15 \times 10 \times 3 \text{ mm}^3$ . Die Resonanzfrequenzen dieser Antenne la-

gen bei 943 MHz für das GSM-Band, 1814 MHz für das GSM1800-(DCS-)Band und 2480 MHz für das BT-Band. Der in Fig. 6 dargestellte Verlauf des Reflexionskoeffizienten  $R$  über der Frequenz  $F$  zeigt auch, dass die Bandbreiten der Resonanzen groß genug sind, um die Antenne in den drei Bändern betreiben zu können. Weiterhin hat sich ergeben, dass die gleichen Resonanzfrequenzen auch mit einem Substrat mit den Abmessungen  $13 \times 10 \times 2 \text{ mm}^3$  erreicht werden können, wodurch eine Volumenreduktion im Verhältnis zu dem zuerst genannten Substrat von 42,2% erzielt wird.

#### Patentansprüche

1. Mikrowellenantenne mit einem Substrat mit mindestens einer resonanten Leiterbahnstruktur, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste Leiterbahnstruktur durch mindestens einen ersten und einen zweiten Leitungsabschnitt (31, 51; 32, 39, 52) gebildet ist, die im wesentlichen mäanderförmig verlaufen, und der Frequenzabstand zwischen der ersten Resonanzfrequenz der Grundmode und der zweiten Resonanzfrequenz bei der ersten Harmonischen der Grundmode durch Veränderung des Abstandes der beiden Leitungsabschnitte einstellbar ist.
2. Mikrowellenantenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (1) im wesentlichen quaderförmig ist, wobei der die erste Leiterbahnstruktur bildende erste und zweite Leitungsabschnitt (31, 51; 32, 39, 52) auf einer ersten Stirnfläche des Substrates (1) liegen und der zweite Leitungsabschnitt entlang zumindest eines Teils seiner Länge durch eine erste, im wesentlichen rechteckige metallische Fläche (39; 52) gebildet ist.
3. Mikrowellenantenne nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die erste Leiterbahnstruktur mindestens einen auf einer zweiten Stirnfläche des Substrates (1) im wesentlichen parallel zu dem ersten und zweiten Leitungsabschnitt (31, 32) verlaufenden, weiteren (siebten) Leitungsabschnitt (37) umfasst, und
  - der Frequenzabstand alternativ oder zusätzlich durch Einstellung der Länge des siebten Leitungsabschnitts (37) einstellbar ist.
4. Mikrowellenantenne nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass an der zweiten Stirnfläche des Substrates (1) eine mit der mindestens einen Leiterbahnstruktur verbundene Zuführung (40) in Form einer Metallisierungsplättchens vorgesehen ist, über die elektromagnetische Energie in die Antenne eingespeist werden kann, und dass die Antenne mit der Zuführung (40) durch Oberflächenmontage auf eine Schaltungsplatine (100) auf-lötbar ist.
5. Mikrowellenantenne nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch mindestens ein Leitungssegment (41, 42) in Form jeweils einer Stichleitung, die an einem Ort mit hoher elektrischer oder hoher magnetischer Feldstärke in einem Resonator-Modus mit der mindestens einen Leiterbahnstruktur verbunden ist, wobei die Resonanzfrequenz der Antenne in diesem Resonator-Modus durch Vergrößern oder Verkleinern der Fläche dieses Leitungssegmentes (41, 42) im wesentlichen unabhängig von einer Resonanzfrequenz in einem anderen Resonator-Modus einstellbar ist.
6. Mikrowellenantenne nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Leiterbahnstruktur (61,

62) durch einen dritten Leitungsabschnitt (61) und eine dritte, im wesentlichen rechteckige metallische Fläche (62) auf der ersten Stirnfläche des Substrates (1) gebildet ist.

7. Mikrowellenantenne nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch eine Zuführung (40) an der zweiten Stirnfläche des Substrates (1) sowie eine entlang des Umfangs an mindestens einer der ersten, zweiten und dritten Seitenfläche (11, 12, 13) des Substrates (1) verlaufende Zuführungsleitung (45) zur Speisung der ersten und zweiten Leiterbahnstruktur (51, 52; 61, 62).

8. Mikrowellenantenne nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Zuführung (40) eine erste Abstimm-Stichleitung (53) für ein erstes Frequenzband verbunden ist, die sich entlang der ersten Seitenfläche (11) des Substrates (1) in Form einer zweiten, im wesentlichen rechteckigen metallischen Fläche erstreckt.

9. Mikrowellenantenne nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Ende der Zuführungsleitung (45) eine zweite Abstimm-Stichleitung (54) für ein zweites Frequenzband verbunden ist, die sich zumindest entlang der dritten Seitenfläche (13) des Substrates (1) erstreckt.

10. Mikrowellenantenne nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Leiterbahnstruktur zum Betrieb der Antenne in dem GSM900- bzw. GSM1800-(DCS1800)Frequenzband und die zweite Leiterbahnstruktur zum Betrieb der Antenne in einem 2480 MHz-Frequenzband für den Blue Tooth-Standard vorgesehen ist.

11. Gedruckte Schaltungsplatine, insbesondere zur Oberflächenmontage von elektronischen Bauelementen, gekennzeichnet durch eine Mikrowellenantenne (110) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

12. Mobiles Telekommunikationsgerät insbesondere für Dual- oder Multibandbetrieb, gekennzeichnet durch eine Mikrowellenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



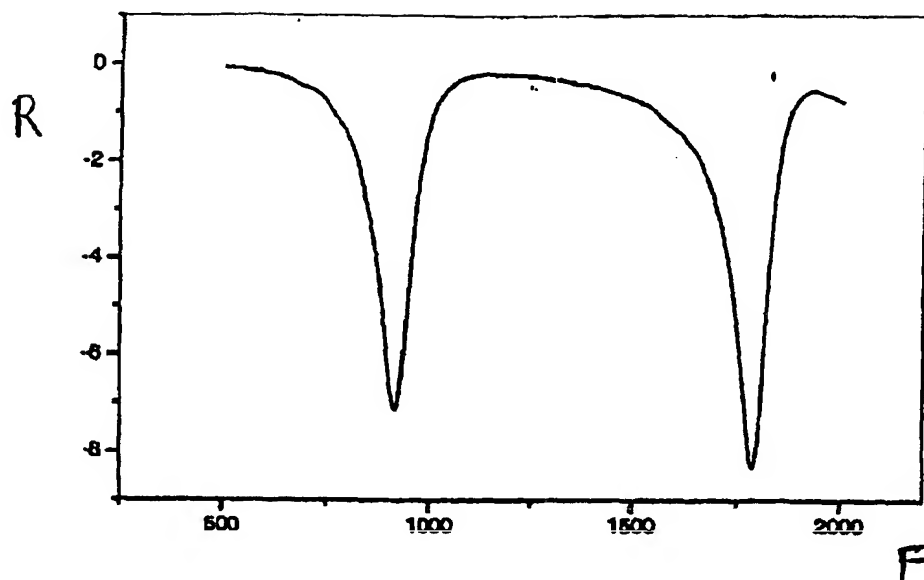


FIG. 2

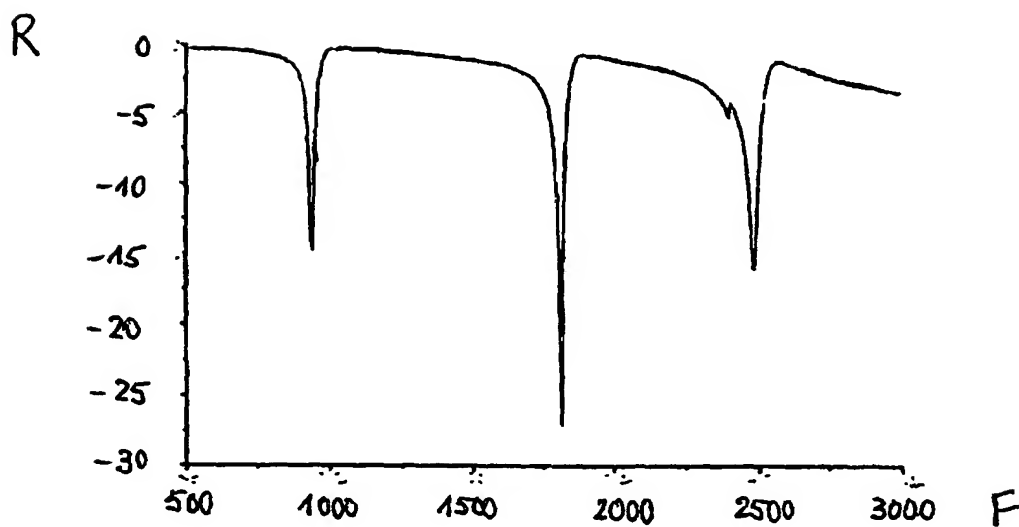


FIG. 6



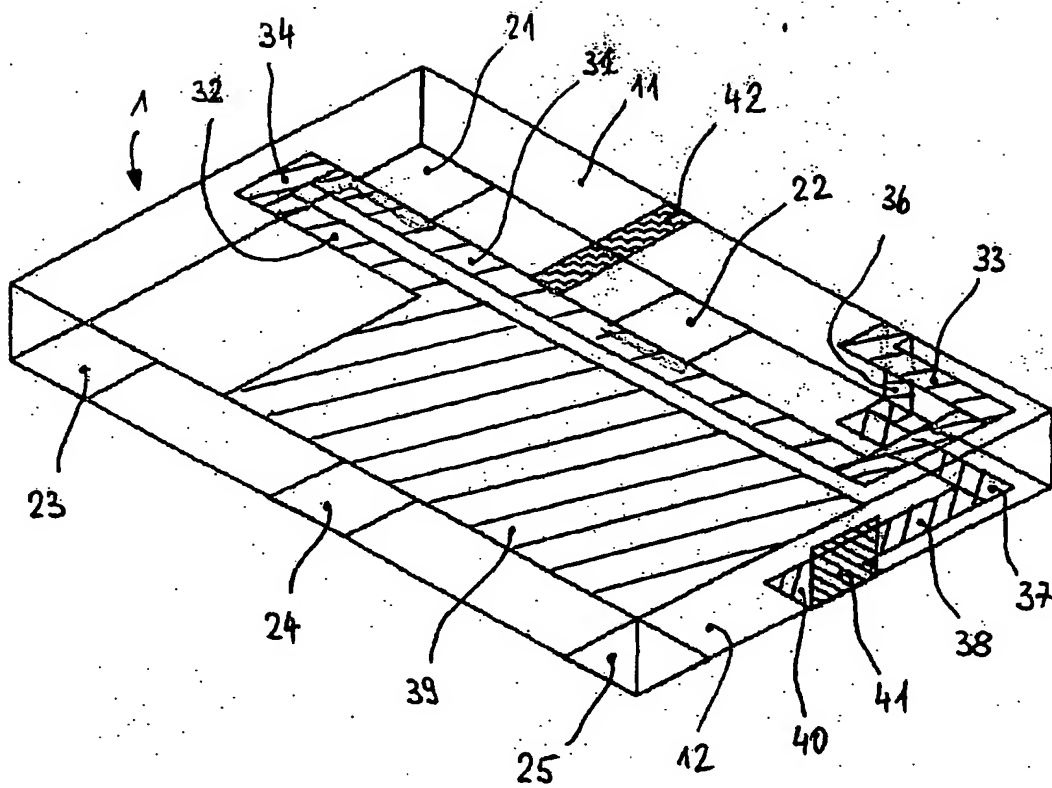


FIG. 3

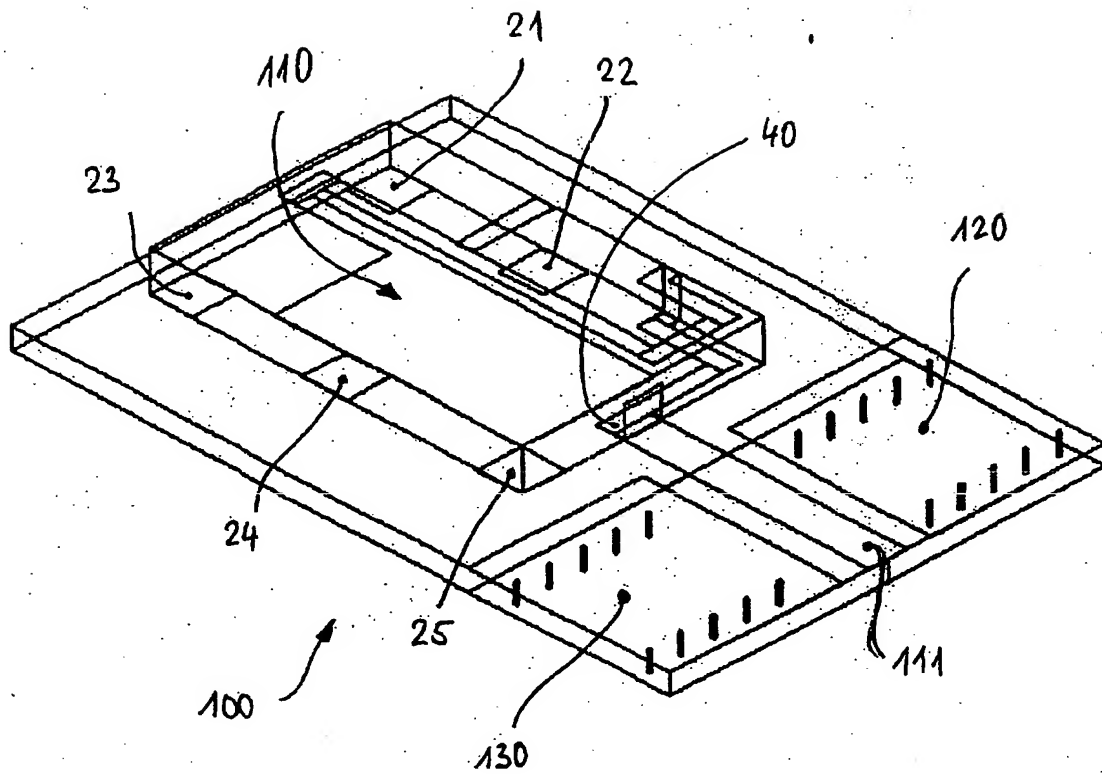


FIG. 4

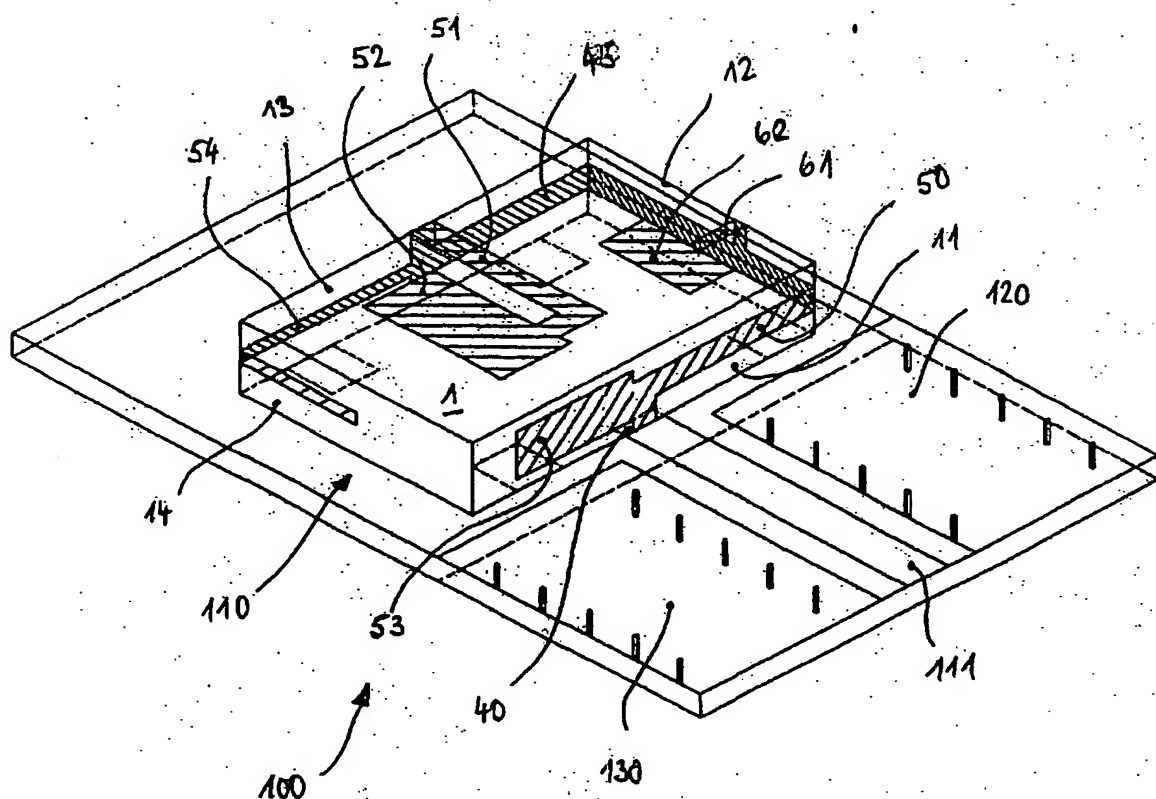


FIG. 5

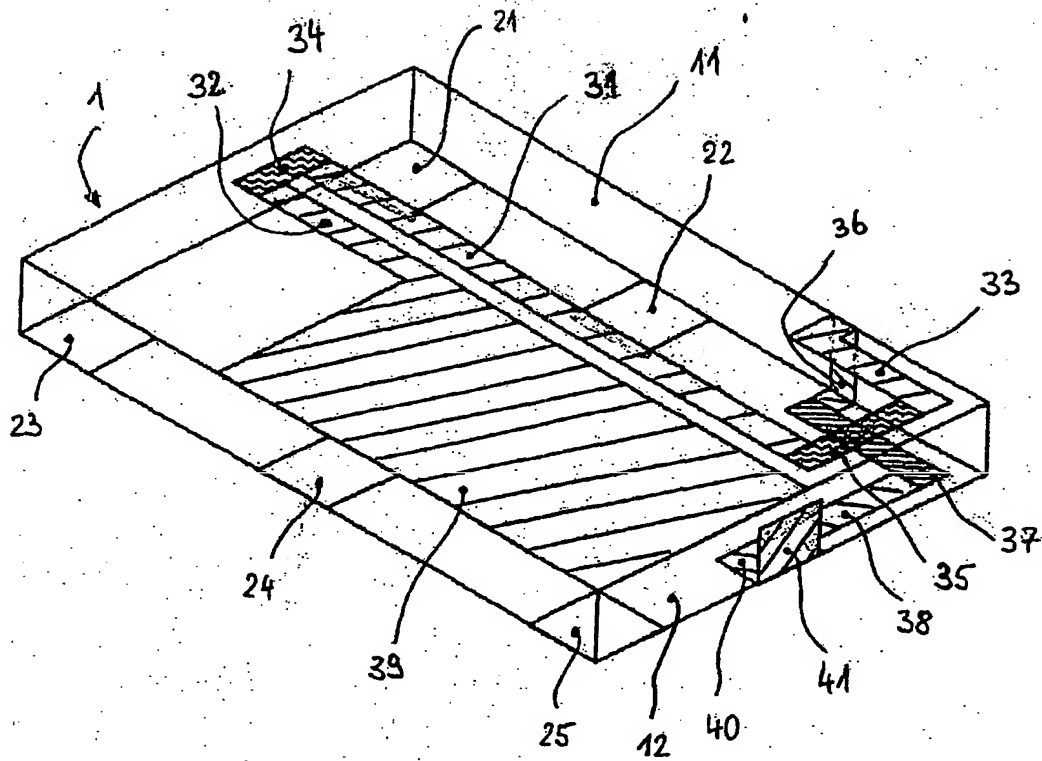


FIG. 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**